Patient flow dynamics in hospital systems during times of COVID-19: Cox proportional hazard regression analysis.

Dynamic model of hospital bed occupancy

Let the number of beds occupied in short period of time is proportional to the hospital admission rate and number of beds vacant in short period of time is proportional to recovery rate times the number of beds occupied. It can be shown that at any point of time the rate of change of number of occupied beds is:

$$\frac{dB}{dt} = HAR \times N - RR \times B$$

Where B is number of beds occupied, HAR is the hospital admission rate, N is the population of patients dependent on health system, RR is the recovery rate. The recovery rate is inverse of median length of hospital stay.

At equilibrium,

$$\frac{dB}{dt} = 0$$

$$B_{eq} = \frac{HAR \times N}{RR} = HAR \times N \times median \ LOS$$

where B_{eq} is the hospital capacity of any system and LOS is length of hospital stay. When B_{eq} exceeds the hospital capacity of the system there is acute shortage of hospital beds. So decisions should be focused either on increase the hospital capacity of the system or decrease in the hospital admission rate such that

Hospital capacity of the system \geq median LOS \times HAR \times N

Supplementary Information File – contains two tables.

Table Legends

Table S1. shows Kaplan Meier estimates after survival analysis for 'Hazard 1'(i.e., hospital discharge) with 95% confidence intervals.

Table S2 shows Kaplan Meier estimates after survival analysis for 'Hazard 2'(i.e., hospital death) with 95% confidence intervals.

Table S1. shows Kaplan Meier estimates after survival analysis for 'Hazard 1'(i.e., hospital discharge) with 95% confidence intervals.

1 1 0.934 0.917 0.950 2 0.914 0.895 0.933 3 0.876 0.854 0.898 4 0.847 0.823 0.871 5 0.801 0.774 0.827 6 0.732 0.702 0.762 7 0.679 0.648 0.711 8 0.646 0.614 0.678 9 0.562 0.529 0.595 10 0.514 0.481 0.547 11 0.432 0.399 0.466 12 0.388 0.356 0.421 13 0.329 0.297 0.360 14 0.276 0.246 0.306 15 0.209 0.181 0.236 16 0.160 0.135 0.184 17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.0	ST1 (days)	SR1 (cdf)	LL	UL
2 0.914 0.895 0.933 3 0.876 0.854 0.898 4 0.847 0.823 0.871 5 0.801 0.774 0.827 6 0.732 0.702 0.762 7 0.679 0.648 0.711 8 0.646 0.614 0.678 9 0.562 0.529 0.595 10 0.514 0.481 0.547 11 0.432 0.399 0.466 12 0.388 0.356 0.421 13 0.329 0.297 0.360 14 0.276 0.246 0.306 15 0.209 0.181 0.236 16 0.160 0.135 0.184 17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077	1	1		
3 0.876 0.854 0.898 4 0.847 0.823 0.871 5 0.801 0.774 0.827 6 0.732 0.702 0.762 7 0.679 0.648 0.711 8 0.646 0.614 0.678 9 0.562 0.529 0.595 10 0.514 0.481 0.547 11 0.432 0.399 0.466 12 0.388 0.356 0.421 13 0.329 0.297 0.360 14 0.276 0.246 0.306 15 0.209 0.181 0.236 16 0.160 0.135 0.184 17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057	1	0.934	0.917	0.950
4 0.847 0.823 0.871 5 0.801 0.774 0.827 6 0.732 0.702 0.762 7 0.679 0.648 0.711 8 0.646 0.614 0.678 9 0.562 0.529 0.595 10 0.514 0.481 0.547 11 0.432 0.399 0.466 12 0.388 0.356 0.421 13 0.329 0.297 0.360 14 0.276 0.246 0.306 15 0.209 0.181 0.236 16 0.160 0.135 0.184 17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.015 0.036 <td>2</td> <td>0.914</td> <td>0.895</td> <td>0.933</td>	2	0.914	0.895	0.933
5 0.801 0.774 0.827 6 0.732 0.702 0.762 7 0.679 0.648 0.711 8 0.646 0.614 0.678 9 0.562 0.529 0.595 10 0.514 0.481 0.547 11 0.432 0.399 0.466 12 0.388 0.356 0.421 13 0.329 0.297 0.360 14 0.276 0.246 0.306 15 0.209 0.181 0.236 16 0.160 0.135 0.184 17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 <td>3</td> <td>0.876</td> <td>0.854</td> <td>0.898</td>	3	0.876	0.854	0.898
6 0.732 0.702 0.762 7 0.679 0.648 0.711 8 0.646 0.614 0.678 9 0.562 0.529 0.595 10 0.514 0.481 0.547 11 0.432 0.399 0.466 12 0.388 0.356 0.421 13 0.329 0.297 0.360 14 0.276 0.246 0.306 15 0.209 0.181 0.236 16 0.160 0.135 0.184 17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 </td <td>4</td> <td>0.847</td> <td>0.823</td> <td>0.871</td>	4	0.847	0.823	0.871
7 0.679 0.648 0.711 8 0.646 0.614 0.678 9 0.562 0.529 0.595 10 0.514 0.481 0.547 11 0.432 0.399 0.466 12 0.388 0.356 0.421 13 0.329 0.297 0.360 14 0.276 0.246 0.306 15 0.209 0.181 0.236 16 0.160 0.135 0.184 17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.036 24 0.023 0.010 0.029 <	5	0.801	0.774	0.827
8 0.646 0.614 0.678 9 0.562 0.529 0.595 10 0.514 0.481 0.547 11 0.432 0.399 0.466 12 0.388 0.356 0.421 13 0.329 0.297 0.360 14 0.276 0.246 0.306 15 0.209 0.181 0.236 16 0.160 0.135 0.184 17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025	6	0.732	0.702	0.762
9 0.562 0.529 0.595 10 0.514 0.481 0.547 11 0.432 0.399 0.466 12 0.388 0.356 0.421 13 0.329 0.297 0.360 14 0.276 0.246 0.306 15 0.209 0.181 0.236 16 0.160 0.135 0.184 17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020	7	0.679	0.648	0.711
10 0.514 0.481 0.547 11 0.432 0.399 0.466 12 0.388 0.356 0.421 13 0.329 0.297 0.360 14 0.276 0.246 0.306 15 0.209 0.181 0.236 16 0.160 0.135 0.184 17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.017	8	0.646	0.614	0.678
11 0.432 0.399 0.466 12 0.388 0.356 0.421 13 0.329 0.297 0.360 14 0.276 0.246 0.306 15 0.209 0.181 0.236 16 0.160 0.135 0.184 17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017	9	0.562	0.529	0.595
12 0.388 0.356 0.421 13 0.329 0.297 0.360 14 0.276 0.246 0.306 15 0.209 0.181 0.236 16 0.160 0.135 0.184 17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014	10	0.514	0.481	0.547
13 0.329 0.297 0.360 14 0.276 0.246 0.306 15 0.209 0.181 0.236 16 0.160 0.135 0.184 17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.001	11	0.432	0.399	0.466
14 0.276 0.246 0.306 15 0.209 0.181 0.236 16 0.160 0.135 0.184 17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.006	12	0.388	0.356	0.421
15 0.209 0.181 0.236 16 0.160 0.135 0.184 17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	13	0.329	0.297	0.360
16 0.160 0.135 0.184 17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.007 37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	14	0.276	0.246	0.306
17 0.122 0.100 0.144 18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.007 37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	15	0.209	0.181	0.236
18 0.092 0.073 0.111 19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.001 35 0.003 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	16	0.160	0.135	0.184
19 0.069 0.052 0.086 20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.007 37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	17	0.122	0.100	0.144
20 0.061 0.045 0.077 21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.007 37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	18	0.092	0.073	0.111
21 0.043 0.030 0.057 22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.007 37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	19	0.069	0.052	0.086
22 0.030 0.019 0.042 23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.007 37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	20	0.061	0.045	0.077
23 0.026 0.015 0.036 24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.007 37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	21	0.043	0.030	0.057
24 0.023 0.013 0.033 25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.007 37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	22	0.030	0.019	0.042
25 0.020 0.010 0.029 26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.007 37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	23	0.026	0.015	0.036
26 0.016 0.008 0.025 27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.007 37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	24	0.023	0.013	0.033
27 0.013 0.005 0.020 29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.007 37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	25	0.020	0.010	0.029
29 0.012 0.004 0.019 30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.007 37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	26	0.016	0.008	0.025
30 0.010 0.004 0.017 31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.007 37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	27	0.013	0.005	0.020
31 0.008 0.002 0.014 34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.007 37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	29	0.012	0.004	0.019
34 0.007 0.001 0.013 35 0.003 0.000 0.007 37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	30	0.010	0.004	0.017
35 0.003 0.000 0.007 37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	31	0.008	0.002	0.014
37 0.002 0.000 0.006 38 0.001 0.000 0.003	34	0.007	0.001	0.013
38 0.001 0.000 0.003	35	0.003	0.000	0.007
	37	0.002	0.000	0.006
61 0.000	38	0.001	0.000	0.003
0.000	61	0.000		

*ST1: survival time 1; SR1: survival rate 2; cdf: cumulative probability distribution function; CI: confidence interval; LL: lower limit of CI; UL: upper limit of CI

Table S2 shows Kaplan Meier estimates after survival analysis for 'Hazard 2'(i.e., hospital death) with 95% confidence intervals in patients above 60 years of age.

		95% CI	
ST2 (days)	SR2 (cdf)	LL	UL
1	1.0000		
1	0.8425	0.7792	0.9059
2	0.8184	0.7513	0.8856
3	0.8024	0.7330	0.8718
4	0.7693	0.6956	0.8430
6	0.7516	0.6756	0.8276
7	0.7421	0.6648	0.8194
8	0.7315	0.6526	0.8104
9	0.7201	0.6393	0.8009

*ST2: survival time 2; SR2: survival rate 2; cdf: cumulative probability distribution function; CI: confidence interval; LL: lower limit of CI; UL: upper limit of CI